

19



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

11 Numéro de publication:

0 038 297  
A1

12

# DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 81810123.0

51 Int. Cl. 2: B 23 K 26/02, B 23 K 26/08

22 Date de dépôt: 26.03.81

30 Priorité: 10.04.80 CH 2749/80  
28.04.80 FR 8009582

71 Demandeur: LASAG AG, Bernstrasse 11, CH-3600 Thun (CH)

43 Date de publication de la demande: 21.10.81  
Bulletin 81/42

84 Etats contractants désignés: AT DE GB IT NL

72 Inventeur: Steffen, Jürg, CH-3655 Sigristwil (CH)

54 Procédé d'ébavurage d'une pièce mécanique, dispositif de mise en oeuvre du procédé et instrument de chirurgie obtenu par le procédé.

57 L'invention concerne un procédé et un dispositif d'ébavurage par rayonnement laser de pièces mécaniques.

Le dispositif permet d'engendrer un faisceau de rayonnement laser de puissance  $P_a$  déterminée. Le faisceau laser est focalisé selon un spot de focalisation de diamètre  $2 \omega_0$  sur les arêtes de la pièce mécanique à ébavurer. Le faisceau laser focalisé entraîne une volatilisation des ébavures de l'arête considérée: l'axe  $ZZ'$  du faisceau laser est sensiblement concourant avec l'arête à traiter et le matériau est vitrifié sur une largeur  $\omega_0$ . Pour l'obtention sur une arête d'angle d'alésage  $\alpha$  donné d'une surface gauche constituant l'arête de rayon de courbure  $R$  donné, la puissance d'émission

$$P_a = \frac{2 \pi \omega_0^2 K (T_v - T_s)}{R (1 - \sin \frac{\alpha}{2})}$$

où  $K$  représente le coefficient de conductibilité thermique du matériau de la pièce et  $T_v$  et  $T_s$  ses températures de vaporisation et de fusion respectivement. Un déplacement relatif du spot de focalisation du faisceau laser par

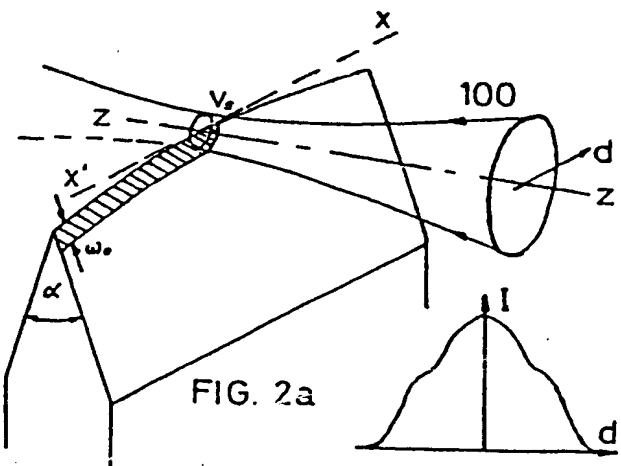


FIG. 2a

ACTORUM AG

EP 0 038 297 A1

0038297

rapport à l'arête à traiter est effectué à vitesse linéaire

$$V_s = \frac{8 \omega_0 H}{\pi R^2 (1 - \sin \frac{a}{2})^2} \left( \frac{T_v - T_s}{T_v + 273} \right)^2$$

où H représente le coefficient de diffusivité thermique du matériau.

Application à l'émorfilage d'instruments acérés.

Procédé d'ébavurage d'une pièce mécanique, dispositif de mise en  
oeuvre du procédé et instrument de chirurgie obtenu par le procédé.

La présente invention est relative à un procédé d'ébavurage notamment de pièce mécanique, au dispositif de mise en oeuvre du procédé et à l'instrument tel qu'un instrument de chirurgie obtenu par le procédé.

Dans la technique relative à l'usinage de pièces mécaniques, notamment de pièces utilisées en microtechnique, le problème de l'ébavurage des arêtes reste un problème majeur pour l'obtention d'une finition convenable. Dans la suite du texte, les arêtes vives et arêtes d'angle internes seront communément désignées par le terme générique arête, une arête vive étant constituée par l'intersection de deux plans ou surfaces planes délimitant la forme d'un objet ou instrument, l'objet ou instrument délimité par ces deux surfaces planes formant à leur niveau un angle dièdre inférieur à  $180^{\circ}$ , une arête d'angle interne étant au contraire constituée par l'intersection de deux plans ou surfaces planes délimitant la forme d'un objet ou instrument, cet objet ou instrument formant au niveau de ces surfaces un angle dièdre obtus supérieur à  $180^{\circ}$ , l'arête d'angle interne constituant une gorge dans l'objet. Le plus souvent les tolérances quant aux dimensions des ébarbures admissibles, en particulier au niveau des arêtes vives ou des arêtes d'angle interne, sont très strictes et ces dernières ne doivent en aucun cas être supérieures aux tolérances de dimensionnement du produit ou pièce mécanique final. Ainsi des ébarbures de longueur de l'ordre de  $5\text{ }\mu\text{m}$  ne peuvent être acceptées lorsque les tolérances de dimensionnement des pièces sont de l'ordre de  $2\text{ }\mu\text{m}$  comme en particulier pour les buses d'injection de gasolé des moteurs Diesel pour lesquelles la présence d'ébarbures en extrémité des canaux d'injection provoque

une perturbation des conditions d'écoulement du carburant et par suite un mauvais fonctionnement des moteurs.

De la même manière, dans le cas de pièces mécaniques telles que des instruments tranchants, en particulier instruments de chirurgie, la présence d'ébarbures sur le fil de coupe de l'instrument ne permet pas, lors de l'utilisation de ces instruments, d'effectuer des incisions engendrant des plaies à lèvres exemptes de toute déchirure. De plus, au cours d'une intervention, le risque de souillure de la plaie par les ébarbures arrachées au fil de l'instrument reste non négligeable en particulier lors d'intervention de microchirurgie ophtalmologique.

Différentes solutions au problème de l'ébavurage ont été proposées afin de réduire au maximum l'existence et la taille des ébarbures sur les arêtes des pièces mécaniques.

De manière générale, le type de traitement d'ébavurage retenu est fonction des dimensions extérieures de la pièce, du degré de finition admissible des surfaces de la pièce et de la perte de dimension admissible. Un répertoire de ces traitements en fonction des paramètres précités a été publié dans la revue "Precision Engineering" volume 1, no 4, oct. 1979, p. 189 à 198.

De tels traitements sont cependant onéreux et peuvent présenter, notamment dans le cas de pièces telles que des buses d'injection pour moteur Diesel, une contribution supérieure à 30 % au prix de revient de la pièce terminée, l'ébavurage devant être fait à la pièce, manuellement. Dans le cas de l'ébavurage d'instruments de chirurgie et plus particulièrement de l'émorfilage d'instruments de microchirurgie, le

procédé couramment utilisé actuellement consiste en un traitement du type électrochimique. Ainsi que représenté figure 1, le fil de l'instrument comporte une série d'aspérités rugueuses provenant du meulage de l'instrument et pouvant atteindre jusqu'à 7 à 8  $\mu\text{m}$  pour lequel le  
5 traitement électrochimique reste peu satisfaisant compte tenu des effets de pointe sur le champ électrique inhérents à la forme même de l'instrument.

Le procédé selon l'invention permet de remédier aux inconvénients précités et a pour objet un procédé d'ébavurage de pièces mécaniques  
10 comportant des arêtes vives au moyen d'un dispositif entièrement automatique.

Un autre objet de la présente invention est un procédé d'ébavurage de pièces mécaniques totalement indépendant de la forme même de la pièce.

15 Un autre objet de la présente invention est un procédé d'ébavurage de pièce mécanique, notamment d'instrument tranchant, permettant un traitement local de chaque arête vive de l'instrument en vue d'un façonnage précis et d'un durcissement du fil de cet instrument pour une usure minimale.

Selon le procédé objet de l'invention, un faisceau de rayonnement laser de densité de puissance comprise entre  $10^7$  et  $10^8 \text{ W/cm}^2$  est focalisé sur  
20 l'arête vive de la pièce après usinage de celle-ci afin de provoquer une fusion et une volatilisation des ébarbures de l'arête. Un déplacement relatif à une vitesse de déplacement déterminée du spot de focalisation du faisceau laser et des arêtes vives de la pièce sur la totalité de celles-  
25 ci permet le traitement de la totalité de cette pièce.

Le dispositif permettant la mise en oeuvre du procédé selon l'in-

vention comporte notamment des moyens d'engendrer un faisceau de rayonnement laser, des moyens de focalisation du faisceau laser sur les arêtes vives de la pièce mécanique et des moyens d'assurer le déplacement relatif sur les arêtes vives de la pièce mécanique du spot de focalisation du faisceau laser à une vitesse de déplacement déterminée.

Le procédé selon l'invention permet, en particulier, l'obtention d'instruments acérés d'angle d'aiguisage  $\alpha$  déterminé, le fil de l'instrument étant constitué par une surface gauche de rayon de courbure R sensiblement uniforme, la zone sous-jacente du fil comportant, sur la paroi de l'instrument, une bande de matériau vitrifié de dimension  $z_0$  suivant une première direction parallèle à une génératrice de la paroi de l'instrument et d'épaisseur  $Z_s$  selon une deuxième direction perpendiculaire à cette première direction. Le rayon de courbure R de la surface gauche constituant le fil est de la forme  $R = \frac{Z_s}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}}$ .

La bande de matériau vitrifié et la surface gauche constituant le fil présentent une rugosité inférieure à 5  $\mu\text{m}$ .

L'invention peut être utilisée pour toute opération d'ébavurage ou d'émorfilage de pièces mécaniques ou d'instruments en matériaux tels que notamment métaux, aciers spéciaux, alliages, verre, obsidienne, céramiques, corindons, métaux frittés.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description et des dessins ci-après où les cotes et proportions relatives n'ont pas été respectées afin d'assurer une meilleure compréhension et dans lesquels outre la figure 1 relative à l'art antérieur,

les figures 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 2g sont relatives au procédé selon

l'invention et à différents paramètres d'étapes de ce procédé,  
les figures 3a et 3b sont relatives à un procédé de fabrication d'in-  
struments tranchants du type instrument de chirurgie permettant un  
émorfilage du fil de l'instrument conformément à l'invention,

5 les figures 4a à 4d représentent un dispositif de mise en oeuvre du  
procédé et des détails de réalisation de ce dispositif conformément  
à l'invention,

la figure 5 représente un autre détail de réalisation du dispositif  
représenté figure 4a,

10 la figure 6 représente une variante de réalisation du dispositif selon  
l'invention représenté figure 4a,

les figures 7a à 7c représentent différents types d'instruments acérés  
obtenus par le procédé conformément à l'invention.

Selon la figure 2a, le procédé d'ébavurage d'une pièce mécanique  
15 selon l'invention consiste, après usinage de la pièce comportant de ce  
fait des arêtes vives et ou des arêtes d'angle interne, à focaliser  
sur ces arêtes de la pièce un faisceau de rayonnement laser 100 de densi-  
té de puissance comprise entre  $10^6$  et  $10^8$  W/cm<sup>2</sup>. Le faisceau de rayonne-  
ment laser permet de provoquer au point de focalisation une fusion et  
20 une volatilisation des ébarbures de l'arête. Un déplacement relatif du  
spot de focalisation du faisceau laser et des arêtes de la pièce est  
assuré sur la totalité des arêtes à une vitesse de déplacement détermi-  
née. Le faisceau laser 100 a une répartition d'intensité 1a en fonction  
de la distance d à l'axe ZZ' du faisceau sensiblement uniforme, l'inten-  
25 sité maximale du faisceau étant distribuée au voisinage de l'axe.

Ainsi que représenté de manière non limitative figure 2a, le pro-  
cédé selon l'invention est particulièrement adapté à l'émorfilage

d'instruments tranchants ou acérés. Le procédé selon l'invention consiste, pour l'émorfilage de ces instruments après affûtage de ces derniers selon un angle d'aiguisage  $\alpha$  déterminé afin de constituer le fil de coupe ou fil de l'instrument, à focaliser ledit faisceau de rayonnement laser sur la partie acérée de l'instrument. De préférence, et ceci afin d'obtenir un traitement aussi homogène que possible sur toute la longueur du fil, l'axe du faisceau laser ZZ' et la tangente au fil de l'instrument repérée sur la figure 2a par la direction x'x sont sensiblement concourants. Le spot de focalisation du faisceau laser 100 est déplacé sur la totalité du fil de l'instrument pour assurer la fusion du morfil dans la zone centrale du spot de focalisation du faisceau laser, l'axe ZZ' du faisceau laser et la tangente au fil x'x de l'instrument étant sensiblement maintenus concourants au cours de ce déplacement. Le déplacement du spot du faisceau laser permet en outre d'effectuer une vitrification des zones superficielles sous-jacentes du fil de l'instrument. La densité de puissance élevée et par celà la vitesse de déplacement du spot sur le fil de l'instrument permet un refroidissement rapide des couches superficielles en fusion après impact du faisceau laser, ce refroidissement donnant lieu à un phénomène analogue à celui de la trempe pour les métaux. Des gradients de température de l'ordre de  $5 \times 10^8$  °C/s sont possibles dans l'acier par exemple. Les couches superficielles et le fil présentent de ce fait un aspect vitrifié et une dureté dans un rapport de 1 à 3, pour un matériau donné, par rapport aux parties de l'instrument non soumises au traitement. Le procédé selon l'invention permet également de contrôler la forme finale du fil de l'instrument ou de la pièce à traiter par déformation con-



trôlée du morfil en fusion du fait de la tension superficielle du matériau en fusion. Ainsi que représenté figure 2b, pour un instrument acéré comportant un angle d'aiguisage  $\alpha$  déterminé, la vitrification d'une bande de matériau sur zone superficielle sous-jacente au fil de dimension  $\omega_0$  selon une première direction parallèle à une génératrice de la paroi de l'instrument et d'épaisseur  $Z_s$  prédéterminée selon une deuxième direction perpendiculaire à cette première direction permet la formation d'un fil de coupe constitué sensiblement par une surface gauche de rayon de courbure  $R$ , selon une section droite du fil, sensiblement égal

10 à  $R = Z_s \frac{1}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}}$  du fait des paramètres géométriques de l'instrument et de la déformation du matériau en fusion sous l'action de la tension superficielle du matériau fondu. La déformation de ce matériau se poursuit jusqu'à la formation d'une forme d'équilibre dont la surface de séparation avec le milieu extérieur, constituée par une surface gauche

15 de rayon de courbure  $R$  sensiblement uniforme selon une section droite, forme le fil de l'instrument. Dans le cas d'une lame, la surface gauche est constituée par une surface hémicylindrique, dans le cas d'une aiguille cylindrique la surface gauche constituant le fil acéré est constitué par une calotte sphérique de rayon de courbure  $R$ . Afin

20 d'obtenir conjointement la vitrification des zones sous-jacentes au fil selon une dimension  $\omega_0$  suivant une génératrice de la paroi de l'instrument et sur une épaisseur  $Z_s$ , le spot de focalisation du faisceau laser a un diamètre  $D = 2\omega_0$  et le rayonnement laser est émis avec une puissance lumineuse

25 (I): 
$$P_a = \frac{2 \pi \omega_0^2 K (T_v - T_s)}{R (1 - \sin \frac{\alpha}{2})}$$

dans laquelle la puissance lumineuse  $P_a$  est exprimée en Watts,  $\omega_0$ ,  $R$ ,  $Z_s$  sont exprimés en centimètres et où  $K$  représente le coefficient de conductibilité thermique du matériau

constituant l'instrument exprimé en  $W/cm \times ^\circ C$ .

5  $T_v$  et  $T_s$  représentent respectivement la température de vaporisation et la température de fusion du matériau constituant l'instrument exprimées en degrés centigrades.

Corrélativement, le déplacement relatif du spot du faisceau laser

est effectué à une vitesse linéaire  $V_s = \frac{2\omega_0}{T}$

10 où  $T$  représente pour chaque point de l'arête à traiter la durée de l'influence du faisceau laser.

$$(II): \quad V_s = \frac{8 \omega_0 H}{\pi R^2 (1 - \sin \frac{\alpha}{2})^2} \left\{ \frac{T_v - T_s}{T_v + 273} \right\}^2$$

$$\text{avec } T = \frac{\pi R^2}{4H} (1 - \sin \frac{\alpha}{2})^2 \left\{ \frac{T_v + 273}{T_v - T_s} \right\}^2$$

où  $H$  représente le coefficient de diffusivité thermique du matériau

15 constituant l'instrument exprimé en centimètre carré par seconde.

Le procédé selon l'invention permet la formation d'une surface unique uniforme formée par la surface gauche constituant le fil de l'instrument et par la bande de matériau vitrifié, chaque paroi étant soumise successivement à l'impact du faisceau laser, la surface unique uniforme

20 constituant pour l'instrument une zone de coupe ou tranchant de rugosité typiquement voisine de  $1 \mu m$  en émission continue par exemple.

Les figures 2c à 2g sont relatives à différents exemples de mises en oeuvre du procédé selon l'invention compte tenu des paramètres d'émission laser.

25 Selon la figure 2c, le rayonnement laser est émis en continu avec une

puissance lumineuse  $P_a$  déterminée selon (I). Pour un instrument d'acier d'angle d'aiguisage  $\alpha = 15^\circ$ , de longueur d'arête  $L = 1$  cm et, de rayon de courbure  $R = 1$   $\mu$ m et de largeur  $w_0 = 15$   $\mu$ m désirés, la densité de puissance du spot de focalisation  $I_a = \frac{P_a}{\pi w_0^2}$  est de  $1,4 \cdot 10^7$  W/cm<sup>2</sup>, la puissance lumineuse  $P_a = 100$  W et la vitesse  $V_s = 100$  m/s. La durée de traitement  $\tau = \frac{L}{V_s} = 0,1$  ms. Conformément à la figure 2d, l'émission laser continue est modulée par impulsions à une fréquence de modulation de l'ordre de 300 kHz. La puissance d'impulsion est de l'ordre de  $P_a = 100$  W, chaque impulsion a une durée de l'ordre de 0,3  $\mu$ s et une énergie de l'ordre de 30  $\mu$ J. La puissance moyenne rayonnée est environ 9 W et la vitesse de déplacement relatif du spot de focalisation est environ 9 m/s.

Selon une variante des paramètres d'émission laser représentée figure 2e, l'émission laser est une émission pulsée de puissance lumineuse  $P_a$  par exemple égale à 100 Watts. Chaque impulsion laser a une durée  $\tau$  sensiblement égale au rapport  $\tau = \frac{L}{V_s}$  de la longueur totale  $L$  du fil de l'instrument à la vitesse linéaire  $V_s$  de déplacement du spot de focalisation sur ce fil. L'énergie de chaque impulsion est égale au produit  $P_a \times \tau$ .

Chaque impulsion laser peut, ainsi que représenté figure 2f, être également modulée à une fréquence de modulation voisine de 300 kHz comme déjà représenté figure 2d.

Selon une variante adaptée au traitement d'instruments acérés du type aiguille, représentée figure 2g, l'émission laser consiste en une impulsion de puissance crête  $P_a$  déterminée selon (I) et de durée

$$(III) \quad \tau = \frac{\pi R^2}{4H} \left(1 - \sin \frac{\alpha}{2}\right)^2 \left(\frac{T_v + 273}{T_v - T_s}\right)^2$$

l'énergie résultante  $E_a$  est égale au produit  $P_a \times \tau$ . Pour l'exemple d'une aiguille d'acier d'angle  $\alpha = 15^\circ$ , pour un rayon de courbure  $R = 1$   $\mu$ m et

pour une largeur de traitement  $w_0 = 15 \mu\text{m}$  désirés, la densité de puissance  $I_a = 1,4 \cdot 10^7 \text{ W/cm}^2$  et la puissance  $P_a = 100 \text{ W}$ , la durée de l'impulsion  $\tau = 0,3 \mu\text{s}$ . Le spot de focalisation est maintenu sur la pointe de l'aiguille pendant toute la durée de l'impulsion.

5 Le procédé selon l'invention permet le traitement de pièces mécaniques ou d'instruments constitués par des matériaux non métalliques ou métalliques. Ce procédé est bien adapté à la fabrication de lames de rasoir, d'instruments de chirurgie acérés tels que bistouris, aiguilles de chirurgie cardiovasculaire, aiguilles de microchirurgie ophtalmique, 10 aiguilles ou instruments de chirurgie dentaire. Conformément au procédé selon l'invention, la fabrication d'un instrument de chirurgie acéré consiste, à partir d'une tige d'acier spécial tel que, notamment, acier 455, 302, 304 et 420 présentant de bonnes caractéristiques mécaniques et thermiques pour la fusion par laser, à meuler la tige d'acier pour former 15 un solide polyédrique comportant une pluralité de faces. Sur la figure 3a, l'intersection deux à deux de ces faces 1010, 1011 forme une arête vive d'angle d'aiguisage  $\alpha$  déterminé selon une ligne continue, plane et de courbure déterminée. L'ensemble des arêtes vives du solide polyédrique constitue, après affûtage, le fil de l'instrument. Typiquement le 20 fil de tels instruments comporte des ébarbures pouvant atteindre 15 à 20  $\mu\text{m}$ . Ces ébavures ne peuvent être facilement réduites par les procédés précités, les différents traitements utilisés à ce jour ne permettant qu'une réduction imparfaite jusqu'à 7 à 8  $\mu\text{m}$  tout en provoquant le plus souvent un traitement global de la pièce ou de l'instrument qui 25 a pour effet de rendre l'ensemble de celui-ci cassant. Les risques de rupture de l'instrument de chirurgie classique du type aiguille ne sont

donc pas négligeables.

Conformément à l'invention, l'ensemble du solide polyédrique est soumis à un traitement de surface doux permettant un polissage fin de l'ensemble des faces du solide polyédrique. Typiquement le traitement de surface est constitué par un polissage anodique.

Un faisceau de rayonnement laser 100 de densité de puissance  $I_a$  comprise entre  $10^4$  et  $10^8$  W/cm<sup>2</sup> est ensuite focalisé sur au moins un point des arêtes vives du solide polyédrique. L'axe du faisceau laser d'intensité maximale et la tangente à la courbe de l'arête vive sont sensiblement 10 concourants. Le spot de focalisation est ensuite déplacé sur la totalité du fil de l'instrument, l'axe du faisceau laser et la tangente à la courbe étant sensiblement maintenus concourants au cours du déplacement pour entraîner la fusion du morfil dans la zone centrale du faisceau laser et une fusion des zones superficielles sous-jacentes du fil. Le 15 faisceau laser est focalisé selon un spot de diamètre  $2w_0$  permettant une vitrification d'une zone superficielle du matériau de l'instrument de dimension  $w_0$  suivant une direction parallèle à une génératrice G de la paroi de l'instrument et d'épaisseur  $Z_s$  selon une deuxième direction perpendiculaire à cette première direction. Le faisceau laser entraîne 20 la fusion du morfil et la formation d'un fil de coupe constitué par une surface gauche de rayon de courbure, selon une section droite, égal à

$$R = Z_s \frac{1}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}} \quad , \text{ ce rayonnement laser étant émis avec une puissance}$$

lumineuse donnée selon la relation (I) précédemment décrite. Conjointement, le déplacement du spot de focalisation est effectué à une vitesse 25 linéaire  $V_s$  donnée par la relation (II) précédente,

De préférence, l'émission laser est effectuée en mode TEM<sub>00</sub>, l'in-

tensité du rayonnement en fonction de la distance à l'axe du faisceau étant sensiblement répartie selon une courbe de Gauss.

Cette distribution permet avantageusement une volatilisation des bavures et la fusion des zones sous-jacentes aux arêtes vives.

5 La figure 4a est relative à un mode de réalisation non limitatif d'un dispositif permettant la mise en oeuvre du procédé selon l'invention. Selon la figure 4a, ce dispositif comprend des moyens 1 d'engendrer le faisceau de rayonnement laser 100. Ces moyens 1 comportent par exemple une tête d'émission laser 10 émettant un faisceau 100 de densité  
10 de puissance moyenne  $P_a$  (relation I). La tête d'émission laser 10 peut être une tête d'émission laser continue et comporte par exemple un laser à gaz  $\text{CO}_2$ , ou à argon ou un laser à corps solide Nd:YAG. Les moyens d'engendrer le rayonnement laser comportent en outre, selon une première variante de réalisation représentée figure 4a, des moyens de modulation  
15 11 de l'émission laser par impulsions à une fréquence voisine de 300 kHz. Chaque impulsion a une durée de l'ordre de 0,3  $\mu\text{s}$ . La puissance et l'énergie des impulsions sont déterminées d'après des relations (I) et (III), l'énergie  $E_a = P_a \times \tau$ . Pour une description plus détaillée de ce type de têtes d'émission on pourra se reporter notamment à la demande de brevet  
20 US 4 150 343 au nom de la demanderesse. Selon une autre variante de réalisation la tête d'émission laser 10 permet une émission laser pulsée de puissance  $P_a$ . Chaque impulsion laser a une durée  $\tau$  sensiblement égale au rapport  $\tau = \frac{l}{V_s}$  de la longueur du fil de l'instrument à traiter à la vitesse linéaire  $V_s$  de déplacement du spot de focalisation sur ce fil. L'éner-  
25 gie de chaque impulsion est typiquement égale au produit  $P_a \times \tau$ . Les moyens de modulation 11 permettent éventuellement également une modulation

des impulsions laser à une fréquence de modulation voisine de 300 kHz. Selon une variante non limitative du dispositif permettant le traitement d'un instrument acéré du type aiguille de section circulaire, la tête d'émission laser pulsée permet d'engendrer de simples impulsions d'énergie et de durée déterminées d'après les paramètres exigés R et  $\omega_0$ . Selon une variante préférentielle du dispositif selon l'invention, la tête d'émission laser émet un faisceau de rayonnement laser en mode TEM<sub>00</sub>. La répartition d'intensité du faisceau en fonction de la distance à l'axe de ce dernier est sensiblement distribuée selon une courbe de Gauss et permet une vitrification des zones superficielles sous-jacentes au fil selon une épaisseur Zs régulièrement décroissante en fonction de la distance au fil de l'instrument. Pour une description plus détaillée de ces têtes d'émissions en particulier de têtes d'émission comprenant un laser à corps solide Nd YAG on se reportera à la demande de brevet US 552 998 au nom de la demanderesse.

Le dispositif selon l'invention représenté figure 4a comporte en outre des moyens de focalisation 2 du faisceau laser sur les arêtes, arêtes vives ou gorges de la pièce mécanique 101. Sur la figure 4a, les moyens de focalisation 2 sont représentés par un trait mixte référencé 20 2 lien fonctionnel entre une lentille convergente 20 assurant la focalisation effective du faisceau laser 100 et un détecteur 21 disposé dans l'axe du faisceau et permettant le contrôle de la focalisation effective du spot de focalisation sur l'arête à traiter dans les conditions précédemment décrites. La longueur focale F de cette lentille est donné par 25 (IV):  $F = \frac{\omega_0}{\theta}$  selon les exigences du diamètre du spot de focalisation où  $\theta$  est la divergence du faisceau,  $\theta$  est de l'ordre de 0,2 à  $2 \cdot 10^{-3}$ .

pour un laser YAG et de  $0,8$  à  $8 \cdot 10^{-3}$  pour un laser  $\text{CO}_2$ . Selon la figure 4a, le détecteur 21 est placé en aval du spot de focalisation du faisceau laser sur l'axe de ce faisceau et délivre, pour une focalisation convenable du spot sur l'arête, un signal de référence 5 ce représentatif de la coïncidence en intersection de l'axe  $\text{ZZ}'$  du faisceau laser et de la tangente à la courbe de l'arête.

Le dispositif selon l'invention représenté figure 4a comporte en outre des moyens 3 d'assurer un déplacement relatif sur les arêtes de la pièce mécanique du spot de focalisation à vitesse déterminée.

10 Sur la figure 4a, les moyens 3 d'assurer le déplacement relatif du spot et des arêtes a été représenté par un trait mixte 4 lien fonctionnel entre une cellule de déflexion 31 en  $x, y$  du faisceau laser, les directions  $x$  et  $y$  étant représentées sur la figure 4a comme les directions parallèles à la tangente à l'arête de l'instrument 101 et la  
15 perpendiculaire à cette direction respectivement, et des moyens de déplacement 32 selon la direction 2 parallèle à l'axe  $\text{ZZ}'$  du faisceau laser. Les directions  $x, y, z$  forment un trièdre de référence. Ces moyens de déplacement 32 sont représentés figure 4a par une double flèche et sont constitués par exemple par tout moyen d'entraînement et  
20 de déplacement en translation dans la direction  $z$  de la lentille de focalisation 20 constituée par une lentille du type "zoom", montée sur un chariot mobile dans cette direction et entraînée par un moteur d'entraînement. La cellule de déflexion 20 en  $x, y$  est à titre d'exemple non limitatif constituée par une cellule de déflexion électro-optique



ou par un jeu de miroirs mobiles du type miroirs de galvanomètre. Les moyens de déflexion du faisceau laser ainsi décrits de manière non limitative permettent le déplacement du spot de focalisation sur la totalité du fil se l'instrument à une vitesse de déplacement déterminée.

5 Le dispositif selon l'invention comporte également des moyens 4 de commande du déplacement du spot de focalisation selon une loi de déplacement prédéterminée correspondant à la loi de courbure de la partie acérée de l'instrument. Selon la figure 4a, l'instrument 101 est placé sur un support porte-instrument 91. Il est à noter que la quasi tota-  
10 lité des instruments acérés, tels que les instruments de chirurgie, obtenus par meulage d'une tige métallique présentent des arêtes vives constituées par des courbes continues planes. L'orientation de chaque arête à traiter selon un plan x, y confondu avec le plan focal de la lentille de focalisation 20 est donc effectuée par la seule orientation  
15 du support porte-instrument. Dans ce cas, le déplacement du spot de focalisation se réduit à un déplacement dans le plan de focalisation. plan x, y, la lentille 20 étant choisie de préférence avec une grande focale, de l'ordre de 10 cm, de manière que compte tenu des dimensions réduites des objets à traiter la focalisation du faisceau soit effec-  
20 tuée sans aberration dans les conditions de Gauss. Dans le cas de l'éba-  
vurage de pièces mécaniques quelconques, les moyens de déflexion du faisceau laser assurent cependant la focalisation de ce dernier sur la courbe gauche constituant l'arête à traiter. Un cas particulier concerne les pièces mécaniques telles que des forets d'alésage ou tarauds  
25 présentant une symétrie axiale de révolution à laquelle est superposée une configuration périodique spatialement constituée par l'arête de

forage ou d'alésage. Dans ce cas, le spot de focalisation du faisceau laser est maintenu focalisé en un point fixe de la configuration périodique à traiter, un mouvement hélicoïdal étant sensiblement imprimé à la pièce par l'intermédiaire du support porte-pièce 91 constitué par exemple par un tour à chariot mobile en x. Dans le cas où ces pièces à géométrie particulière ont une section droite variable, la déflexion du faisceau laser se réduit à une déflexion plane (x, y) selon la courbe plane formée par l'intersection de la surface latérale de la pièce et d'un plan axial tel que le plan focal (x, y) de la lentille.

10 Ainsi que représenté figure 4a, les moyens de focalisation du faisceau laser comportent en outre un dispositif de visée de l'arête ou de la partie acérée de l'instrument comprenant un dispositif d'alignement auxiliaire 22 émettant un faisceau d'alignement 220 et un miroir semi-transparent 221 permettant la transmission conjointe du  
15 faisceau laser de traitement 100 et du faisceau d'alignement 220, les deux faisceaux ayant en aval du miroir 221 leurs axes confondus et des chemins optiques identiques. Le miroir semi-transparent est placé entre la cellule de déflexion 31 et les moyens d'émission 1, la cellule de déflexion 31 et la lentille de focalisation 20 assurant respective-  
20 ment la transmission et la focalisation des faisceaux laser et faisceau d'alignement sensiblement à l'identique. De préférence, le dispositif d'alignement auxiliaire 22 est constitué par un laser He Ne émettant un faisceau 220 de diamètre plus grand que celui du faisceau laser 100 afin d'assurer un recouvrement complet du spot de focalisation du  
25 faisceau laser 100 par le spot du faisceau d'alignement.

Après focalisation du spot en un point initial de l'arête  $x_0, y_0, z_0$

déterminé par le dispositif de visée, les moyens de commande 4 permettent de délivrer, aux moyens de déflexion 3 et principalement à la cellule de déflexion 31 et aux moyens de déplacement 32 du spot de focalisation selon la direction  $z$ , des signaux  $x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $z(t)$  de déplacement du spot selon la loi de courbure  $f(x, y, z)$  par rapport à un référentiel fixe  $(x_0, y_0, z_0)$  de l'arête de la pièce à traiter. Bien entendu les signaux  $x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $z(t)$  sont déterminés pour un type de pièce à traiter compte tenu des paramètres de positionnement initial de l'instrument ou pièce 101 sur le support porte-instrument 91.

Tout mode de réalisation dans lequel d'une part l'ensemble des signaux  $x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $z(t)$  ou d'autre part une partie seulement de ces signaux, par exemple, les signaux  $x(t)$ ,  $y(t)$  sont délivrés à un moteur d'entraînement du support porte-instrument 91, le signal  $z(t)$  étant maintenu constant ou simplement supprimé, ne sort pas du cadre de la présente invention ainsi que décrit précédemment.

Le fonctionnement global de l'appareil selon l'invention représenté figure 4a est le suivant: le faisceau d'alignement 220 permet le réglage du point de focalisation de la lentille de focalisation 20 selon le système de coordonnées  $x_0, y_0, z_0$  et consécutivement du faisceau laser de traitement 100. La détection du point de focalisation est effectuée par le détecteur 21 qui délivre lors de la focalisation convenable du faisceau d'alignement, donc du faisceau laser de traitement, un signal de référence aux moyens de commande 4. Le signal de référence agit par exemple par l'intermédiaire des moyens de commande 4 sur la cellule de déflexion 31 et plus précisément au niveau de la déflexion

en y de manière à provoquer en  $x_0, y_0, z_0$  à l'origine la coïncidence, en intersection, de l'axe ZZ' du faisceau. Après stabilisation du système, la constante de temps du système peut être choisie très inférieure au  $\frac{1}{1000}$  de secondes, les moyens de commande 4 délivrent selon  
5 une séquence déterminée pour un type d'instrument ou de pièce les signaux  $x(t), y(t), z(t)$  aux moyens de déflexion 3 entraînant le déplacement du point de focalisation des spots des faisceaux d'alignement 220 et du faisceau de traitement 100 selon la loi de courbure de l'arête de l'instrument 101. Pour des profils d'instrument complexes  
10 plusieurs séquences de traitement peuvent être nécessaires. En tout état de cause, l'appareil selon l'invention permet le traitement d'un nombre de pièces du type aiguille chirurgicale pouvant atteindre 150 pièces à la minute.

Selon un détail de réalisation de l'invention représenté figure 4b,  
15 les moyens de déplacement 32 selon la direction 3 du spot de focalisation du faisceau laser sont constitués par un anneau de quartz piézo-électrique 321 solidaire du châssis ou banc optique 30 du dispositif. L'anneau de quartz piézo-électrique 321 sert de support à la lentille  
20 tous deux ayant leurs axes confondus avec l'axe ZZ' du faisceau laser 100. L'anneau de quartz piézo-électrique 321 comporte des électrodes 322 et 323 sur lesquelles peut être appliquée une tension de commande. Une tension continue de commande appliquée sur les électrodes  
25 321, 322 permet d'obtenir un déplacement proportionnel selon la direction ZZ' de la lentille 20 et du point de focalisation. Ce dispositif permet soit la commande de déplacement du spot de focalisation selon la direction ZZ' pour des déplacements faibles de l'ordre de quelques

centièmes de millimètres soit l'asservissement de la focalisation du spot selon la direction z par contrôle des défauts de focalisation par le détecteur 21 selon cette direction.

Selon un autre détail de réalisation de l'invention représenté figure 4c, le détecteur 21 est constitué selon une direction parallèle à la direction y, par un réseau de photodiodes 211, 212, 213. Le détecteur comprend par exemple au moins trois photodiodes de manière non limitative. Chaque photodiode délivre respectivement pour chaque tache de diffraction  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  du faisceau d'alignement ou/et du faisceau laser de traitement délivrée par l'arête de l'instrument à traiter un signal élémentaire  $Se_1$ ,  $Se_2$ ,  $Se_3$  d'amplitude déterminée pour une focalisation convenable du spot du faisceau laser. L'ensemble des signaux élémentaires permet de constituer le signal de référence  $Sr$ . A cet effet un circuit logique 214 délivre le signal de référence  $Sr$  en présence de l'ensemble des signaux élémentaires  $Se_1$ ,  $Se_2$ ,  $Se_3$ , donc des taches de diffraction sur les photodiodes 211, 212, 213. A titre d'exemple non limitatif, le circuit logique 214 comporte au moins trois portes 2141, 2142, 2143 logiques ET recevant chacune les signaux élémentaires  $Se_1$ ,  $Se_2$ ,  $Se_3$ . L'une de ces portes ET, la porte 2141 par exemple reçoit les signaux  $Se_1$  et  $Se_3$  par l'intermédiaire d'un comparateur à seuil maxima 401 et par l'intermédiaire d'un comparateur à seuil minima 403, le signal  $Se_2$  étant délivré directement à la porte 2141. La porte 2142 reçoit le signal délivré par le comparateur à seuil minima 403 par l'intermédiaire d'un inverseur logique 502, le signal  $Se_2$  et le signal délivré par le comparateur à seuil maxima 401. La porte ET 2143 reçoit le signal  $Se_2$  et le signal délivré par le comparateur à seuil maxima 401.

La porte ET 2143 reçoit le signal  $Se_2$ , le signal délivré par le comparateur à seuil maxima 401 par l'intermédiaire d'un inverseur logique 503 et le signal délivré par le comparateur à seuil minima 403. Les portes ET 2141, 2142 et 2143 ont leur sortie reliée à l'entrée d'un amplificateur 5 sommateur 2144.

Le fonctionnement du dispositif représenté figure 4c est le suivant: En présence d'une focalisation convenable du spot du faisceau laser, c'est-à-dire lors de l'intersection de la tangente x au fil de l'instrument et de l'axe ZZ' du faisceau, les taches de diffraction  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ , d'intensité  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  coïncident exactement avec les diodes 211, 212 et 213 qui délivrent respectivement un signal  $Se_1$ ,  $Se_2$ ,  $Se_3$ . Les seuils du comparateur à maxima 401 et du comparateur à minima 403 sont tels que les signaux délivrés par ces comparateurs en présence des signaux  $Se_1$  et  $Se_3$  ont un niveau logique 1, l'amplitude du signal  $Se_2$  pouvant être pris par exemple comme niveau logique 1 de référence. La porte ET 2141 délivre un signal logique de niveau logique 1,  $\widehat{Sr_1} = \widehat{Se_1} \times \widehat{Se_2} \times \widehat{Se_3}$ . Ce signal  $\widehat{Sr_1}$  de niveau logique 1 a typiquement une amplitude  $Sr_1 = V$  donnée représentative de la focalisation convenable du faisceau. Les portes 2142 et 2143 sont alors alimentées par le signal  $\widehat{Se_2}$  de niveau logique 1 et par les inverseurs logiques 502 et 503 respectivement constitués par exemple par des bascules bistables, lesquelles délivrent aux deux portes précitées des signaux logiques de niveau 0. Les portes 2142 et 2143 délivrent un signal logique  $\widehat{Sr_2} = \widehat{Se_1} \times \widehat{Se_2} \times \widehat{Se_3}$  et  $\widehat{Sr_3} = \widehat{Se_1} \times \widehat{Se_2} \times \widehat{Se_3}$  de niveau logique 0. De préférence l'amplitude du signal de niveau logique 0 délivré par les portes 2142 et 2143 peut être choisi égal à la tension de référence du dispositif par tout circuit de cor-

rection bien connu de l'homme de l'art et qui par conséquent ne sera pas décrit ici. L'amplificateur somateur 2144 délivre lors de la focalisation convenable du spot le signal d'amplitude  $Sr = Sr_1 = V$ .

Lors d'une focalisation défectueuse du spot, par exemple vers les y négatifs, une défocalisation  $-\Delta y$  du spot a pour conséquence la délivrance par la photodiode 213 d'un signal d'amplitude  $Se_3 - \Delta s$  inférieure au seuil du comparateur à minima 403, lequel, déclenché, délivre un signal  $Se_3$  de niveau logique 0. L'amplitude du signal  $Se_1$  reste cependant suffisante pour ne pas entraîner le déclenchement du comparateur à maxima 401, ce comparateur délivrant dans ce cas le signal logique  $Se_1$ . Les portes ET 2141 et 2143 recevant ce signal délivrent un signal logique  $Sr_1 = \overline{Se_1} \times \overline{Se_2} \times \overline{Se_3}$  et  $Sr_2 = \overline{Se_1} \times \overline{Se_2} \times \overline{Se_3}$  de niveau logique 0 quelle que soit l'amplitude plus faible du signal  $Se_1$ . La porte ET 2142 recevant le signal  $Se_3$  rétabli par l'inverseur logique 502 délivre un signal logique  $\widehat{Sr_2} = \widehat{Se_1} \times \widehat{Se_2} \times \widehat{Se_3}$  de niveau logique 1. L'amplitude de ce signal logique délivré par la porte 2142 peut être choisie par exemple égal à  $Sr_2 = V - \Delta V$  où  $\Delta V$  représente l'incrément de résolution  $\Delta y$  limite acceptable pour le spot de focalisation, l'amplificateur somateur 2144 délivrant un signal d'amplitude  $Sr = Sr_2 = V - \Delta V$ . Dans le cas d'une focalisation défectueuse du spot du faisceau vers les y positifs, une défocalisation  $+\Delta y$  du spot a pour conséquence la délivrance par la photodiode 211 d'un signal  $Se_1 + \Delta s$  supérieur au seuil du comparateur à maxima 401 lequel déclenché délivre un signal  $\widehat{Se_1}$  de niveau logique 0. L'amplitude du signal  $Se_3$ , plus grande, n'entraîne pas le déclenchement du comparateur à minima 403, lequel délivre le signal  $\widehat{Se_3}$ . La porte ET 2143 recevant le signal logique  $\widehat{Se_1}$  rétabli par

l'inverseur logique 503 délivre un signal logique  $\widehat{Sr_2} = \widehat{Se_1} \times \widehat{Se_2} \times \widehat{Se_3}$  de niveau logique 1. L'amplitude de ce signal logique délivré par la porte 2143 peut être choisi par exemple égale à  $Sr_3 = V + \Delta V$  où  $\Delta V$  représente l'incrément de résolution  $\Delta y$  limite acceptable pour le spot de focalisa-  
 5 tion. L'amplificateur somateur 2144 délivre un signal d'amplitude  $Sr_3 = V + \Delta V$ , les portes 2141 et 2142 délivrant un signal logique S 21 et S 22 respectivement de niveau logique 0 pour lesquels l'amplitude a été choisie nulle ainsi que décrit précédemment.

Les différents signaux délivrés ci-après pour une défocalisation  
 10  $\pm \Delta y$  sont représentés figures 4d1 à 4d5 ainsi que décrit précédemment. Un tel système de détection permet notamment de s'affranchir au maximum de la résolution spatiale du réseau de photodiodes suivant la direction y, l'incrément de résolution de la chaîne de détection  $\Delta V$  pouvant être rendu minimal compte tenu du gain de bouche de la chaîne, qui peut être  
 15 choisi arbitrairement grand.

De préférence le détecteur 21 a selon la direction x une dimension sensiblement identique à celle de l'instrument à traiter. Pour les instruments de grande dimension selon cette direction, de l'ordre de la moitié de la distance focale de la lentille convergente 20, une lentil-  
 20 le convergente hémicylindrique 22 permet la focalisation des taches de diffraction sur le détecteur quelle que soit la position du spot du faisceau laser au cours de son déplacement. Tout mode de réalisation dans lequel le réseau de diodes est remplacé par un tube vidicon ne sort pas du cadre de la présente invention.

25 Selon un détail de réalisation représenté figure 5, les moyens de commande 4 de déplacement du spot de focalisation comportent un géné-



rateur de fonction 41 délivrant sur les entrées de commande de déviation en x et en y de la cellule de déflexion 31 respectivement un signal  $x(t)$  et  $y(t)$  et à l'entrée de commande du système 32 de déplacement en Z de la lentille de focalisation 20 un signal  $z(t)$ . Les  
5 signaux  $x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $z(t)$  sont en coordonnées paramétriques fonctions du temps représentatifs à chaque instant, pour une séquence relative à un instrument, de la loi de courbure de l'arête ou partie acérée de l'instrument. Le générateur de fonction est par exemple constitué par trois générateurs de fonctions analogiques 41a, 41b, 41c, synchronisés  
10 par un signal  $S_y$  délivrant respectivement les signaux  $x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $z(t)$  pour une séquence de traitement. Un circuit de prépositionnement automatique du spot de focalisation 42 délivre au générateur de fonction 41 sur une première entrée 410, dite de commande, un signal de prépositionnement du spot de focalisation. Le générateur de fonction 41  
15 reçoit sur une deuxième entrée 411, dite de correction, le signal de référence  $S_r$  délivré par le détecteur de rayonnement laser, principalement par le circuit logique 214. Le signal de prépositionnement a par exemple une amplitude égale à V et la différence entre l'amplitude du signal de référence  $V \pm \Delta V$  et l'amplitude du signal de prépositionnement  
20 effectuée par un sommateur 412 est par exemple additionnée en 414 au signal délivré par le générateur de fonction analogique appliqué aux entrées de commande de déflexion suivant la direction y. La focalisation du spot du faisceau laser selon la direction y est ainsi asservie à la courbure de l'arête de l'instrument à traiter par la chaîne de  
25 détection constituée par le détecteur 21, le circuit logique 214, le circuit de commande 4 et la cellule de déflexion 31.

Selon un mode préférentiel de réalisation de l'invention représenté figure 5, les moyens de commande 4 comportent en outre un circuit 43 de commande auxiliaire de la vitesse de déplacement du spot de focalisation. Le circuit de commande auxiliaire 43 délivre au générateur de fonction 41 sur une troisième entrée 413 un signal ajustable par l'opérateur, signal de la forme  $V \sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2} = Q$ ; (IV) où Q est sensiblement égal à Vs vitesse linéaire de déplacement du spot sur l'arête et dans lequel x', y', z' représentent les dérivées premières par rapport au temps  $\frac{dx}{dt}$ ,  $\frac{dy}{dt}$ ,  $\frac{dz}{dt}$  des signaux x (t), y (t), z (t).

10 A titre d'exemple non limitatif chaque générateur de fonction analogique reçoit respectivement le signal x', y', z' le circuit de commande auxiliaire imposant la relation (IV) précitée. Dans ce cas, les générateurs de fonction analogiques précités sont constitués par des intégrateurs munis d'une remise à zéro commune permettant leur synchro-  
15 nisation Sy, le circuit de commande auxiliaire consistant par exemple en un calculateur programmable et un convertisseur numérique analogique. Ces dispositifs ne seront pas décrits car bien connus de l'homme de l'art.

La figure 6a est relative à une variante de réalisation du dispositif  
20 selon l'invention tel que représenté figure 4. Dans la figure 6a, les mêmes références représentent les mêmes éléments que dans la figure 4. Suivant la figure 6a, les moyens de focalisation 3 comportent en outre un miroir sphérique 33 de réflexion du faisceau laser de traitement 100 et du faisceau laser d'alignement 221. Le miroir sphérique permet la  
25 transmission en sens opposé selon un chemin optique identique des faisceaux laser réfléchis au travers de la cellule de déflexion 31.

Une lentille de focalisation auxiliaire 24 permet la focalisation du faisceau laser réfléchi sur le détecteur 21 par l'intermédiaire d'au moins un miroir semi-transparent, le miroir 221. Un deuxième miroir semi-transparent 222 permet successivement la transmission vers la cellule de déflexion 31 et vers la lentille de focalisation du faisceau d'alignement.

Le dispositif représenté figure 6a fonctionne de manière analogue à celui décrit figure 4. Le choix d'un miroir sphérique 33 de grand diamètre d'ouverture et de distance focale comparable à celle de la lentille 20, c'est à dire environ la dimension maximale de l'instrument à traiter, permet un traitement de cet objet de manière analogue au traitement mis en oeuvre par le dispositif selon la figure 4.

Le dispositif selon la figure 6a est cependant particulièrement bien adapté pour le traitement des pointes acérées des aiguilles de section circulaire et des arêtes vives le traitement thermique étant symétrique à l'arête. L'avantage du dispositif de la figure 6a est la simplicité du détecteur de positionnement, le spot de focalisation du rayon réfléchi restant fixe sur le détecteur 21.

Tout mode de réalisation différent dans lequel le détecteur est placé hors de l'axe du faisceau laser incident et agissant par réflexion, par exemple, ne sort pas du cadre de la présente invention.

En particulier la figure 6b représente un mode de réalisation particulier du dispositif de mise en oeuvre du procédé, dispositif particulièrement adapté à l'ébavurage des angles internes ou gorges de pièces mécaniques. Selon la figure 6b, le dispositif suivant l'invention comporte un système optique de détection de positionnement 2 en réflexion qui com-

porte en outre deux lentilles 20' et 20'' permettant la formation d'image de spot lumineux issus du spot de focalisation du faisceau de traitement laser 100 ou/et du faisceau d'alignement 220 sur le détecteur 21, ces deux faisceaux étant réfléchis par un point ou surface élémentaire Si d'une arête à traiter constituée par un angle interne, ainsi que représenté figure 6b, d'une pièce mécanique 101 portée par l'outil porte-pièce instrument 91. Les deux lentilles 20 et 20' sont de manière non-limitative mécaniquement solidaires par une liaison structurelle schématisée par 200 et de préférence disposées symétriquement par rapport à un plan de référence P de l'architecture mécanique du dispositif. Le plan P peut, par exemple, être le plan horizontal. Une lentille auxiliaire 20'' permet, par exemple, de focaliser le rayonnement réfléchi noté 100' et 220' transformé en un faisceau sensiblement parallèle par la lentille 20' choisie à cet effet, de manière non limitative, de même focale que la lentille 20, sur le détecteur 21, la lentille 20'' pouvant rester fixe par rapport au détecteur 21. Une deuxième cellule de déflexion 31' est interposée sur le trajet du rayonnement réfléchi, de préférence entre les lentilles 20' et 20'' ou entre lentille 20' et détecteur 21 en l'absence de lentille auxiliaire 20''. La deuxième cellule de déflexion 31' est alimentée, par exemple, directement en parallèle avec la cellule de déflexion 31 dans le cas de l'utilisation d'une lentille auxiliaire 20''.

Le dispositif représenté figure 6b fonctionne de manière analogue au dispositif décrit précédemment. Le fonctionnement du système de focalisation sur l'arête à traiter fonctionnant par réflexion, la détermination de l'intersection de l'axe du faisceau de traitement 100 et de l'arête

à traiter ne peut être effectuée par détection des taches de diffraction.

Pour obtenir une détection satisfaisante de la focalisation, une modulation périodique suivant la direction y de la déflexion du faisceau de rayonnement réfléchi 100' ou 220' est effectuée. A cet effet un générateur de signaux sinusoïdaux, par exemple 310, permet de superposer au signal de déflexion y appliqué à la deuxième cellule de déflexion 31' un signal de modulation SM par un sommateur 311. Le détecteur 21 constitué par exemple par un tube vidicon comporte en outre un circuit de détection constitué par exemple par un circuit classique de détection à diodes permettant de délivrer un signal continu proportionnel à la valeur moyenne de l'intensité du faisceau réfléchi modulé représentatif de la focalisation du faisceau incident par rapport à l'arête à traiter. Ce signal continu est délivré aux moyens de commande 4. Le signal de modulation SM a une amplitude entraînant une déflexion en y  $A_n$  et une fréquence  $F_M$  telles que  $A_M \times F_M \geq 10$  Vs par exemple. Les moyens de commande 4 commandent, compte tenu du programme de déplacement relatif du spot du faisceau de traitement en x, y, deux moteurs auxiliaires 41 et 42 permettant l'orientation en site  $\beta$  et en gisement  $\gamma$  des support porte instrument ou pièce et de la pièce à traiter. Les moteurs auxiliaires 41 et 42 permettent à chaque instant d'assurer une orientation convenable de la pièce à traiter. De préférence les moteurs 41 et 42 permettent d'orienter le plan bissecteur  $P_i$  de l'angle dièdre de la gorge ou arête interne à traiter au point  $S_i$ , ce plan  $P_i$  étant maintenu confondu avec le plan P de référence d'architecture du dispositif. En cas de défocalisation du spot ainsi que représenté figure 6c en II, la modulation de la déflexion en y du faisceau réfléchi, réfléchi dissymétriquement par

la gorge, entraîne la détection par le détecteur 21 d'un signal détecté de valeur moyenne non nulle et la correction correspondante par les moyens de commande 4 ainsi que décrit précédemment. Le faisceau d'alignement peut également être décalé spatialement en avant par rapport au déplacement relatif du spot dans le cas de l'émission continue ou temporellement dans le cas d'émission laser par impulsion, l'émission laser de traitement étant retardée par rapport à l'émission du faisceau d'alignement engendré par un laser He. Ne, les deux étant synchronisés, sans sortir du cadre de la présente invention.

10 Les figures 7a à 7c sont relatives à différents types d'instruments obtenus par la mise en oeuvre du procédé selon l'invention. Suivant la figure 7a, un instrument acéré 101 d'angle d'aiguisage  $\alpha$  déterminé soumis au traitement selon l'invention comporte un fil de coupe 102 constitué par une surface gauche de rayon de courbure R, dans  
15 une section droite, sensiblement uniforme. La zone sous-jacente du fil 103 comporte sur la paroi de l'instrument une bande de matériau vitrifié de dimension  $w_0$  suivant une première direction parallèle à une génératrice G de la paroi de l'instrument. La bande de matériau vitrifié a une épaisseur  $Z_s$  selon une deuxième direction perpendiculaire à  
20 cette première direction. Le rayon de courbure R de la surface gauche constituant le fil est de la forme  $R = Z_s \frac{1}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}}$ . La bande de matériau vitrifié et la surface gauche constituant le fil constituent une surface continue uniforme présentant une rugosité, ou grain, voisine de 1  $\mu m$ .

25 De tels instruments présentent donc un tranchant constitué par le fil et par la zone vitrifiée exempt de toute ébarbure. Le tranchant est

constitué du fait du phénomène analogue à la trempe précédemment décrit, par un matériau de dureté environ trois fois supérieure à la dureté du matériau constituant l'instrument et non soumis au traitement laser.

5 Ainsi que représenté figure 7 b, dans le cas d'un instrument du type lame à fil rectiligne, le fil en tant que tel est constitué par une surface héli-cylindrique. La section droite du fil est constituée par un rayon R de courbure  $R = Zs \frac{1}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}}$ .

Selon une variante de réalisation représentée figure 7c, l'instrument étant constitué par une aiguille de section 104 sensiblement circulaire et la pointe de l'aiguille étant constituée sensiblement par un cône d'angle d'ouverture sensiblement égal à l'angle d'aiguillage  $\alpha$  de l'instrument, le fil de coupe 102 de l'instrument constitué par la pointe de l'aiguille est constitué par une calotte sphérique de 15 rayon de courbure  $R = Zs \frac{1}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}}$ . La bande de matériau vitrifié 103 forme sensiblement un tronc de cône de dimension  $w_0$  suivant une direction parallèle à une génératrice G de la paroi de l'aiguille et d'épaisseur Zs suivant une direction perpendiculaire à cette direction.

La bande de matériau vitrifié et la calotte sphérique sont 20 continûment reliées pour former une surface de rugosité voisine de  $1 \mu m$  constituant la pointe acérée de l'aiguille.

Une autre variante de réalisation est représentée figure 7d dans le cas où l'instrument est constitué par une aiguille du type aiguille chirurgicale comportant une pluralité d'arêtes vives et une pointe 25 aigüe constituant le fil de l'instrument. Les arêtes vives sont par

exemple constituées par l'intersection deux à deux de surfaces planes ou gauches délimitant un polyèdre. Le fil de l'instrument est constitué d'une part au niveau des arêtes vives par une surface sensiblement hémicylindrique 102. La section droite du fil au niveau de ces arêtes 5 est constituée par un demi-cercle de rayon R et au niveau de la pointe aiguë par une surface gauche de même rayon de courbure R uniforme de la forme  $R = Zs \frac{1}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}}$ . La zone sous-jacente du fil comporte sur la paroi de l'instrument, de part et d'autre du fil sur chaque surface concourante constituant une arête, une bande de matériau vitrifié de 10 dimension  $w_0$  suivant une première direction parallèle à une génératrice de la paroi ou des surfaces de l'instrument. La bande de matériau a une épaisseur Zs dans une direction perpendiculaire à cette première direction. Les bandes de matériau vitrifié et les surfaces constituant le fil forment une surface continue uniforme présentant une rugosité 15 ou grain voisine de  $1 \mu m$  et constituent le tranchant de l'instrument.

De telles aiguilles chirurgicales sont d'un intérêt d'utilisation très important dans le domaine de la micro-chirurgie ophtalmologique et de la chirurgie cardiovasculaire ou esthétique du fait que leur traitement local leur assure une précision de coupe incomparable sans 20 toutefois augmenter le risque de rupture de ces aiguilles à un niveau comparable à celui des aiguilles qui ont subi, dans un but analogue, un traitement global tel que traitement thermique ou autre.



## RE V E N D I C A T I O N S

1. Procédé d'ébavurage d'une pièce mécanique comportant des arêtes, caractérisé en ce qu'il consiste, après usinage de la pièce, à

- focaliser sur l'arête de la pièce un faisceau de rayonnement laser de densité de puissance comprise entre  $10^6$  et  $10^8$  W/cm<sup>2</sup> de manière à provoquer une volatilisation des ébarbures de l'arête,
- assurer un déplacement relatif à une vitesse de déplacement déterminée du spot de focalisation du faisceau laser et des arêtes de la pièce sur la totalité de ces arêtes.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que pour l'émorfilage d'un instrument acéré, ce procédé consiste, après affûtage des arêtes vives pour constituer le fil de l'instrument, à

- focaliser sur la partie acérée de l'instrument un faisceau de rayonnement laser de densité de puissance comprise entre  $10^6$  et  $10^8$  W/cm<sup>2</sup> et d'intensité, en fonction de la distance à l'axe du faisceau, selon une répartition sensiblement uniforme, l'axe du faisceau laser et la tangente au fil de l'instrument étant sensiblement concourants,
- déplacer le spot de focalisation du faisceau laser sur la totalité du fil de l'instrument acéré à une vitesse de déplacement déterminée

pour assurer la fusion du morfil dans la zone centrale du faisceau laser et une vitrification des zones superficielles sous-jacentes du fil de l'instrument.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que en vue  
5 d'obtenir, sur un instrument acéré comportant un angle d'aiguisage  $\alpha$  déterminé, une vitrification d'une zone superficielle du matériau de l'instrument de dimension  $\omega_0$  suivant une première direction parallèle à une génératrice de la paroi de l'instrument et d'épaisseur  $Z_s$  déterminée selon une  
10 deuxième direction perpendiculaire à cette première direction, et, un fil de coupe constitué sensiblement par une surface gauche de rayon de courbure  $R$  déterminé, le spot de focalisation du faisceau laser a un diamètre  $2 \omega_0$ , le rayonnement laser étant émis avec une puissance lumineuse

$$P_a = \frac{2\pi \omega_0^2 K (T_v - T_s)}{R (1 - \sin \frac{\alpha}{2})} \quad \text{avec} \quad R = \frac{Z_s}{(1 - \sin \frac{\alpha}{2})} \quad \text{et}$$

dans laquelle  $K$  représente le coefficient de conductibilité thermique du  
15 matériau constituant l'instrument,

$T_v$  et  $T_s$  représentent la température de vaporisation et la température de fusion respectivement du matériau constituant l'instrument exprimées en degrés centigrades, le déplacement dudit spot du faisceau laser étant effectué à une vitesse linéaire  $V_s$  de la forme

$$20 \quad V_s = \frac{8\omega_0 H}{\pi R^2 (1 - \sin \frac{\alpha}{2})^2} \left( \frac{T_v - T_s}{T_v + 273} \right)^2$$

où  $H$  représente le coefficient de diffusivité thermique du matériau constituant l'instrument.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que le rayonnement laser est émis en continu avec une puissance lumineuse  $P_a$  comprise entre 10 et 100 W et une densité de puissance comprise entre  $10^6$  et  $10^8$  W/cm<sup>2</sup>, le spot de focalisation du faisceau laser étant déplacé sur la totalité du fil de l'instrument acéré à une vitesse linéaire constante comprise entre 1 et 100 m/s.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'émission laser continue est modulée par impulsions à une fréquence de modulation de l'ordre de 300 kHz, la puissance moyenne du rayonnement étant comprise entre 10 et 30 W, chaque impulsion ayant une durée de l'ordre de 0,3  $\mu$ s et une énergie comprise entre 0,03 et 0,1 mJ, la densité de puissance de chaque impulsion étant voisine de  $5 \times 10^7$  W/cm<sup>2</sup> et la vitesse de déplacement relatif du spot de focalisation étant comprise entre 1 et 10 m/s.

6. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'émission laser est une émission pulsée de puissance lumineuse  $P_a$  comprise entre 10 et 100 W, la densité de puissance de chaque impulsion laser étant comprise entre  $10^6$  et  $10^8$  W/cm<sup>2</sup>, chaque impulsion laser ayant une durée  $\tau$  sensiblement égale au rapport  $\tau = \frac{L}{V_s}$  de la longueur totale  $L$  du fil de l'instrument à la vitesse linéaire  $V_s$  de déplacement relatif du spot de focalisation sur ce fil, l'énergie de chaque impulsion étant égale au produit  $P_a \times \tau$ .

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que chaque impulsion laser est modulée à une fréquence de modulation voisine de 300 KHz, la densité de puissance de chaque impulsion de modulation étant voisine de  $5 \times 10^7$  W/cm<sup>2</sup>, la vitesse de déplacement du spot sur le fil de l'instrument étant comprise entre 1 et 10 m/s.

8. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que dans le cas d'un instrument acéré du type aiguille, l'émission laser consiste en une impulsion de puissance Pa et de durée

$$\tau = \frac{\pi R^2}{4H} \left( 1 - \sin \frac{\alpha}{2} \right)^2 \left\{ \frac{T_v + 273}{T_v - T_s} \right\}^2$$

5 le spot de focalisation du faisceau laser étant maintenu focalisé sur la pointe de l'aiguille pendant toute la durée de l'impulsion.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'émission laser consiste en une impulsion d'énergie comprise entre 0,03 mJ et 0,1 mJ et de durée comprise entre 0,3 µs et 10 µs.

10 10. Procédé de fabrication d'un instrument de chirurgie acéré consistant à partir d'une tige d'acier spécial à

- meuler ladite tige pour former un solide polyédrique comportant une pluralité de faces, l'intersection deux à deux desdites faces formant une arête vive d'angle d'aiguisage α déterminé selon une ligne continue plane de courbure déterminée, l'ensemble des arêtes vives du
- 15 solide polyédrique constituant, après affûtage, le fil de l'instrument,
- soumettre l'ensemble du solide polyédrique à un traitement de surface permettant un polissage fin desdites faces,
- focaliser sur au moins un point des arêtes vives du solide polyédrique un faisceau de rayonnement laser selon un spot de focalisation
- 20 de diamètre  $2 \omega_0$  et d'intensité en fonction de la distance par rapport à l'axe du faisceau sensiblement uniforme, l'axe du faisceau laser d'intensité maximale et la tangente à la courbe de ladite arête vive étant sensiblement concourants,
- 25 - déplacer le spot de focalisation du faisceau laser sur la totalité du fil de l'instrument, l'axe du faisceau laser et la tangente à la

courbe de ladite arête vive étant sensiblement maintenus concourants au cours du déplacement pour entraîner la fusion du morfil dans la zone centrale du faisceau laser et une fusion des zones superficielles sous-jacentes du fil, ledit faisceau laser permettant d'une part une vitrification 5 d'une zone superficielle du matériau de l'instrument de dimension  $\omega_0$  suivant une première direction parallèle à une génératrice de la paroi de l'instrument et d'épaisseur  $Z_s$  selon une deuxième direction perpendiculaire à cette première direction et d'autre part la formation d'un fil de coupe constitué par une surface gauche de rayon de courbure  $R$  déterminé, 10 de la forme  $R = \frac{Z_s}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}}$  le rayonnement laser étant émis avec une puis-

sance lumineuse

$$P_a = \frac{2 \pi \omega_0^2 K (T_v - T_s)}{R (1 - \sin \frac{\alpha}{2})}$$

dans laquelle

- $K$  représente le coefficient de conductibilité thermique du matériau constituant l'instrument,
- 15 -  $T_v$  et  $T_s$  représentent la température de vaporisation et la température de fusion respectivement du matériau constituant l'instrument exprimées degrés centigrades, le déplacement du spot du faisceau laser étant effectué à une vitesse linéaire  $V_s$  de la forme

$$V_s = \frac{2 \omega_0}{T} = \frac{8 \omega_0 H}{\pi R^2 (1 - \sin \frac{\alpha}{2})^2} \left( \frac{T_v - T_s}{T_v + 273} \right)^2 \quad \text{où } T \text{ représente la durée}$$

- 20 de l'influence du faisceau laser en chaque point des arêtes à traiter et où  $H$  représente le coefficient de diffusivité thermique du matériau constituant l'instrument.

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que l'émission laser est effectuée en mode TEM<sub>00</sub>, l'intensité du rayonnement en fonction de la distance à l'axe du faisceau étant répartie selon une courbe de Gauss permettant la volatilisation des ébarbus et la fusion des zones sous-jacentes des arêtes vives.

12. Dispositif d'ébavurage par rayonnement laser d'une pièce mécanique, caractérisé en ce qu'il comporte:

- des moyens d'engendrer un faisceau de rayonnement laser de puissance  $P_a$  réglable, déterminée,
- 10 - des moyens de focalisation dudit faisceau laser sur les arêtes de la pièce mécanique, selon un spot de focalisation de diamètre  $2w_0$ ,
- des moyens d'assurer un déplacement relatif, sur les arêtes de la pièce mécanique, du spot de focalisation du faisceau laser à une vitesse de déplacement déterminée.

15 13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que pour l'émorfilage d'un instrument acéré, le dispositif comporte

- des moyens d'engendrer un rayonnement laser de puissance  $P_a$  réglable entre 10 et 100 W et d'intensité en fonction de la distance par rapport à l'axe du faisceau laser sensiblement uniforme,
- 20 - des moyens de focalisation dudit faisceau laser selon un spot de focalisation de diamètre réglable entre 10 et 100  $\mu\text{m}$ , les moyens de focalisation du faisceau laser permettant la focalisation de ce faisceau sur la partie acérée de l'instrument,
- des moyens de déflexion dudit faisceau laser permettant le déplacement du spot de focalisation du faisceau laser sur la totalité du
- 25 fil de l'instrument acéré à une vitesse de déplacement déterminée,

- des moyens de commande de ce déplacement selon une loi de déplacement prédéterminée correspondant à la loi de courbure de la partie acérée de l'instrument.

14. Dispositif d'émorfilage selon la revendication 13, caractérisé en ce que lesdits moyens d'engendrer le rayonnement laser comportent une tête d'émission laser continu de puissance lumineuse réglable entre 10 et 100 W le faisceau laser étant localisé selon une densité de puissance comprise entre  $10^6$  et  $10^8$  W/cm<sup>2</sup>.

15. Dispositif selon l'une des revendications 14 ou 15, caractérisé en ce que la tête d'émission comporte en outre des moyens de modulation de l'émission laser par impulsions à une fréquence voisine de 300 kHz, la puissance moyenne du rayonnement étant comprise entre 10 et 30 W, chaque impulsion ayant une durée de l'ordre de 0,3  $\mu$ s et une énergie comprise entre 0,03 et 0,1 mJ, la densité de puissance de chaque impulsion de modulation étant voisine de  $5 \times 10^7$  W/cm<sup>2</sup>.

16. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que les moyens d'engendrer le rayonnement laser comportant une tête d'émission laser pulsée de puissance Pa comprise entre 10 et 100 W, la densité de puissance de chaque impulsion laser étant comprise entre  $10^6$  et  $10^8$  W/cm<sup>2</sup>, chaque impulsion laser ayant une durée  $\tau$  sensiblement égale au rapport  $\tau = \frac{L}{V_s}$  de la longueur du fil de l'instrument à traiter à la vitesse linéaire  $V_s$  de déplacement du spot de focalisation sur ce fil, l'énergie de chaque impulsion étant égale au produit  $P_a \times \tau$ .

17. Dispositif selon la revendication 16, caractérisé en ce que chaque impulsion laser est modulée à une fréquence de modulation voisine

de 300 kHz, la densité de puissance de chaque impulsion de modulation étant voisine de  $5 \times 10^7$  W/cm<sup>2</sup>.

18. Dispositif selon l'une des revendications 14, 15, 16 ou 17, caractérisé en ce que la tête d'émission comporte un laser d'un des types YAG, Argon, CO<sub>2</sub>.

19. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que les moyens d'engendrer le rayonnement comportent une tête d'émission laser pulsée, chaque impulsion ayant une énergie de 0,1 mJ et une durée comprise entre 0,3 et 10 µs, la densité de puissance de chaque impulsion étant de l'ordre de  $5 \times 10^7$  W/cm<sup>2</sup>.

20. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 19, caractérisé en ce que la tête d'émission laser émet un rayonnement laser en mode TEM<sub>00</sub> la répartition d'intensité en fonction de la distance à l'axe du faisceau étant sensiblement distribuée selon une courbe de Gauss.

21. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que les moyens de focalisation du faisceau laser comportent

- un dispositif de visée de la partie acérée de l'instrument comportant un dispositif d'alignement auxiliaire émettant un faisceau d'alignement,
- 20 - une lentille de focalisation permettant la transmission et la focalisation sur au moins un point de la partie acérée de l'instrument du rayonnement laser de traitement et du faisceau laser d'alignement.

22. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que les moyens d'assurer le déplacement relatif du spot du faisceau laser comportent

- une cellule de déflexion en x, y, la direction x étant définie sensi-



blement comme la direction parallèle à la tangente de l'arête de l'instrument et la direction y étant définie comme une direction perpendiculaire à cette direction x, les directions x, y et la direction moyenne Z de propagation du faisceau laser formant un trièdre de référence, la cellule de déflexion étant disposée entre la tête d'émission laser et la lentille de focalisation et permettant la transmission et la déflexion du faisceau laser de traitement et du faisceau d'alignement,

- des moyens de déplacement selon la direction Z du spot de focalisation du faisceau laser de traitement.

23. Dispositif selon la revendication 22, caractérisé en ce que les moyens de déplacement selon la direction Z du spot de focalisation du faisceau laser sont constitués par une lentille de focalisation mobile suivant la direction Z du type "zoom" entraînée par un organe d'entraînement.

24. Dispositif selon les revendications 11 et 22, caractérisé en ce que les moyens de focalisation comportent en outre un détecteur de rayonnement laser placé en aval du spot de focalisation du rayonnement et délivrant pour une focalisation convenable du spot sur l'arête un signal de référence représentatif de la coïncidence en intersection de l'axe du faisceau laser et de la tangente à la courbe de l'arête.

25. Dispositif selon la revendication 24, caractérisé en ce que le détecteur est constitué, selon une direction parallèle à la direction y, par

- un réseau de photodiodes, délivrant respectivement

pour chaque tache de diffraction du faisceau laser par l'arête à

traiter un signal élémentaire d'amplitude déterminée, l'ensemble des signaux élémentaires constituant le signal de référence,

- un circuit logique délivrant le signal de référence en présence de l'ensemble des signaux élémentaires.

5      26. Dispositif selon les revendications 12 et 22, caractérisé en ce que les moyens de commande de déplacement du spot de focalisation selon une loi déterminée comportent:

- un générateur de fonction délivrant à ladite cellule de déflexion d'une part sur chaque entrée de commande de déviation en x et en y  
10      respectivement un signal  $x(t)$ ,  $y(t)$  et à l'entrée de commande de déplacement en Z de l'organe d'entraînement de la lentille de focalisation d'autre part un signal  $z(t)$ , les signaux  $x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $z(t)$  étant en coordonnées paramétriques fonctions du temps représentatifs à chaque instant, pour une séquence de traitement relative à un  
15      instrument, de la loi de courbure de l'arête ou partie acérée de l'instrument,
- un circuit de prépositionnement du spot de focalisation, le générateur de fonction recevant du circuit de prépositionnement sur une première entrée, dite de commande, un signal de prépositionnement du  
20      spot de focalisation sur l'arête de l'instrument et sur une deuxième entrée, dite de correction, le signal de référence délivré par le détecteur de rayonnement laser.

27. Dispositif selon la revendication 26, caractérisé en ce que le générateur de fonction comporte en outre un circuit de commande  
25      auxiliaire de la vitesse de déplacement du spot de focalisation, ledit circuit délivrant audit générateur de fonction un signal ajustable de

la forme  $\sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2} = Q$  où  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$  représentent les dérivées premières  $\frac{dx}{dt}$ ,  $\frac{dy}{dt}$ ,  $\frac{dz}{dt}$  des signaux  $x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $z(t)$ .

28. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 27, caractérisé en ce que les moyens de focalisation comportent en outre

- 5 - un miroir sphérique de réflexion du faisceau laser en aval du spot de focalisation du faisceau laser, ledit miroir sphérique permettant la transmission en sens opposé selon un chemin optique identique du faisceau laser réfléchi au travers de la cellule de déflexion,
- une lentille de focalisation auxiliaire permettant la focalisation du faisceau laser réfléchi sur le détecteur par l'intermédiaire d'au-
- 10 moins un premier miroir semi-transparent,
- au moins un deuxième miroir semi-transparent permettant successive-ment la transmission vers la cellule de déflexion et vers la lentille de focalisation du faisceau d'alignement.

- 15 29. Instrument acéré d'angle d'aiguisage  $\alpha$  déterminé, caractérisé en ce que le fil de l'instrument est constitué par une surface gauche de rayon de courbure  $R$  sensiblement uniforme, la zone sous-jacente du fil comportant, sur la paroi de l'instrument, une bande de matériau vitrifié de dimension  $w_0$  suivant une première direction parallèle à une
- 20 génératrice de la paroi de l'instrument et d'épaisseur  $Z_s$  selon une deuxième direction perpendiculaire à cette première direction, le rayon de courbure de la surface gauche constituant le fil étant de la forme  $R = Z_s \frac{1}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}}$ , la bande de matériau vitrifié et la surface gauche constituant le fil présentant une rugosité voisine de  $1 \mu m$ .

- 25 30. Instrument acéré selon la revendication 29, caractérisé en ce que l'instrument étant constitué par une lame coupante, le fil de l'ins-

trument est constitué sensiblement par une surface hémicylindrique, la section droite du fil étant constituée par un demi-cercle de rayon R et la zone sous-jacente du fil comportant, sur la paroi de l'instrument, une bande de matériau vitrifié de dimension  $w_0$  suivant une première direction parallèle à une génératrice de la paroi de l'instrument et d'épaisseur  $Z_s$  déterminée selon une deuxième direction perpendiculaire à cette première direction, le rayon de courbure de la section droite du fil étant de la forme  $R = Z_s \frac{1}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}}$ , la bande de matériau vitrifié et la surface semi-cylindrique constituant le fil de la lame présentant une rugosité voisine de  $1 \mu m$ .

31. Instrument acéré selon la revendication 29, caractérisé en ce que l'instrument étant constitué par une aiguille du type aiguille chirurgicale comportant une pluralité d'arêtes vives et une pointe aiguë constituant le fil de l'instrument, le fil de l'instrument est constitué d'une part au niveau des arêtes vives par une surface hémicylindrique, la section droite du fil au niveau de ces arêtes étant constituée par un demi-cercle de rayon R, et, d'autre part au niveau de la pointe aiguë, par une surface gauche de même rayon de courbure R uniforme de la forme

$$R = Z_s \frac{1}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}}$$

la zone sous-jacente du fil comportant, sur la paroi de l'instrument, une bande de matériau vitrifié de dimension  $w_0$  suivant une première direction parallèle à une génératrice de la paroi de l'instrument et d'épaisseur  $Z_s$  selon une deuxième direction perpendiculaire à cette première direc-

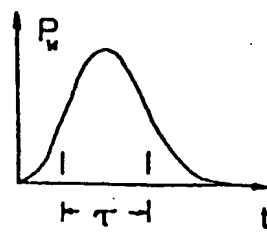
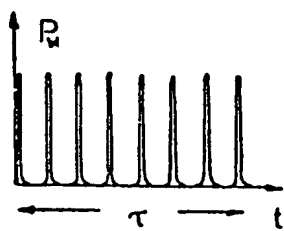
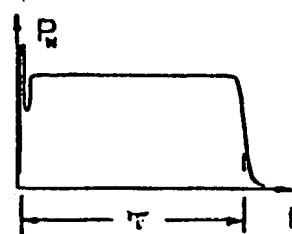
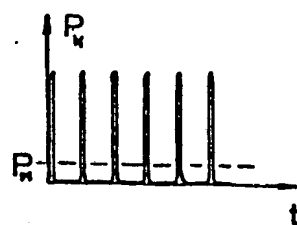
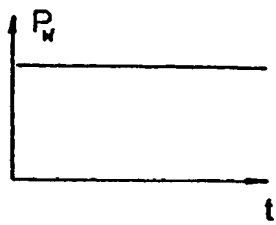
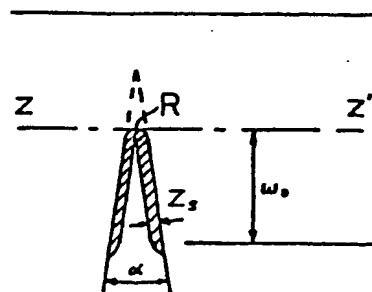
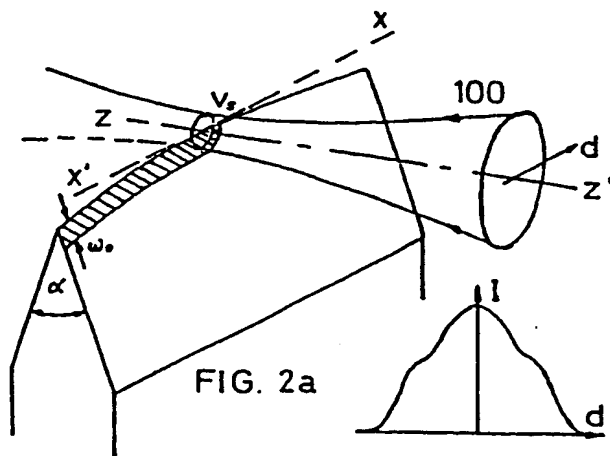
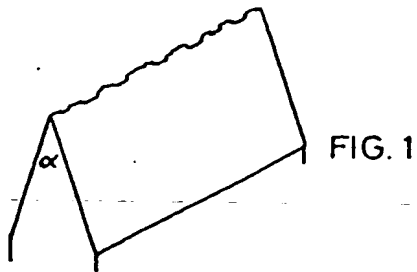
tion, la bande de matériau vitrifié et les surfaces constituant le fil présentant une rugosité voisine de  $1\mu\text{m}$ .

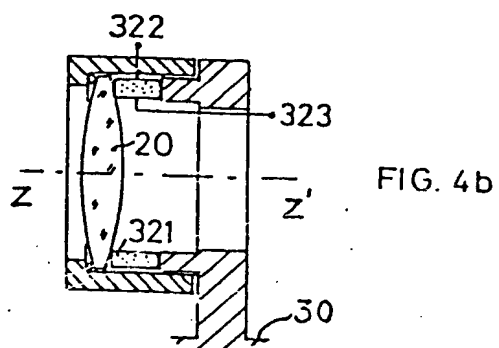
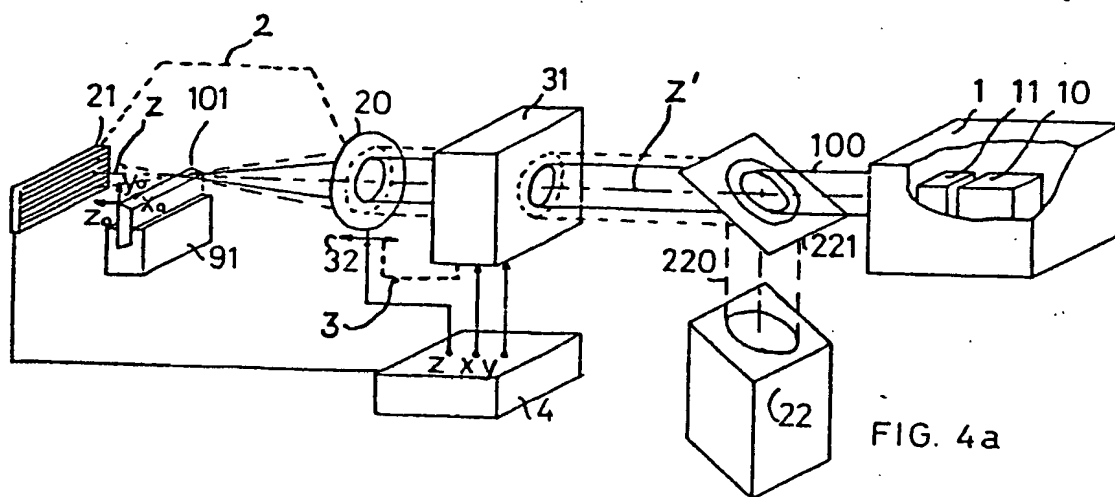
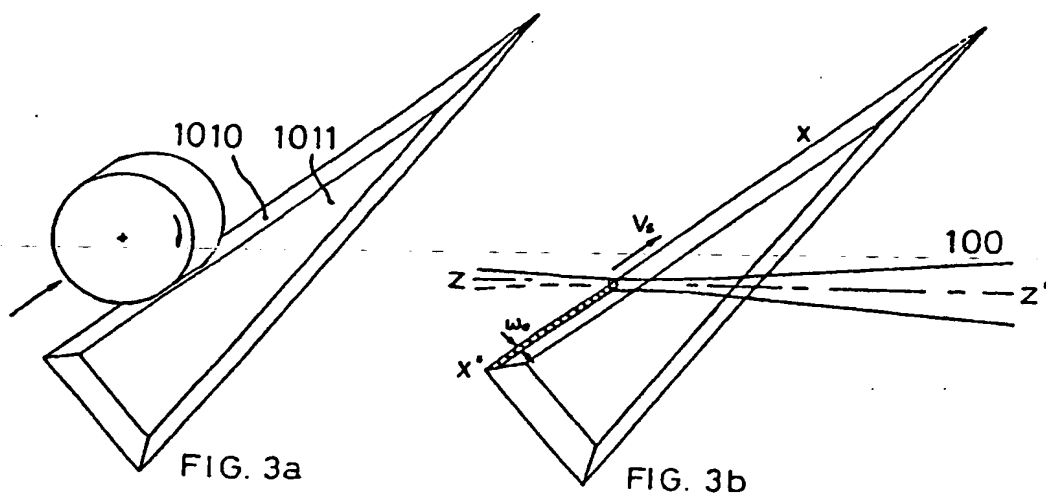
32. Instrument acéré selon la revendication 29, caractérisé en ce que l'instrument étant constitué par une aiguille de section sensiblement circulaire, le fil de l'instrument constitué par la pointe de l'aiguille est constitué par une calotte sphérique de rayon de courbure de la forme  $R = Zs \frac{1}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}}$ , la bande de matériau vitrifié formant sensiblement un tronc de cône de dimension  $\omega_0$  suivant une direction parallèle à une génératrice de la paroi de l'aiguille, la bande de matériau vitrifié et la calotte sphérique étant continûment reliées pour former une surface de rugosité voisine de  $1\mu\text{m}$ .

33. Dispositif selon l'une des revendications 21 à 24, caractérisé en ce qu'il comporte en outre

- un deuxième système optique de détection en réflexion permettant de former un image du spot lumineux sur l'arête de la pièce à traiter, le premier et le deuxième système optique (20) et (20') étant solidaires et disposés sensiblement symétriques par rapport à un plan de référence du dispositif,
- un détecteur du rayonnement réfléchi recevant ce dit rayonnement du deuxième système optique,
- une deuxième cellule de déflexion en x, y disposée entre la lentille (20') et le détecteur de rayonnement, ladite deuxième cellule de déflexion étant connectée et alimentée en parallèle avec la première cellule de déflexion,
- des moyens de modulation de la déflexion en x et y du rayonnement réfléchi permettant la détection par le détecteur d'un signal de ré-

- férence proportionnel à la valeur moyenne de l'intensité du faisceau réfléchi modulé représentatif de la défocalisation du faisceau incident par rapport à l'arête à traiter, ledit signal étant délivré par le détecteur aux moyens de commande de déplacement du spot de focalisation,
- 5
- des moteurs auxiliaires permettant, pour chaque séquence de traitement, d'assurer à chaque instant l'orientation convenable de l'arête à traiter, le plan bissecteur de l'angle dièdre constituant l'angle interne en un point Si de l'arête à traiter étant pendant le traitement maintenu confondu avec le plan de référence du dispositif.
- 10







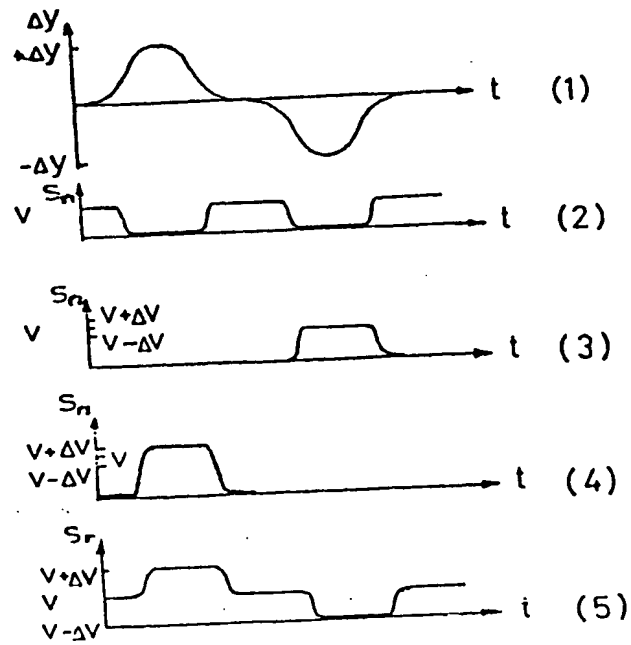
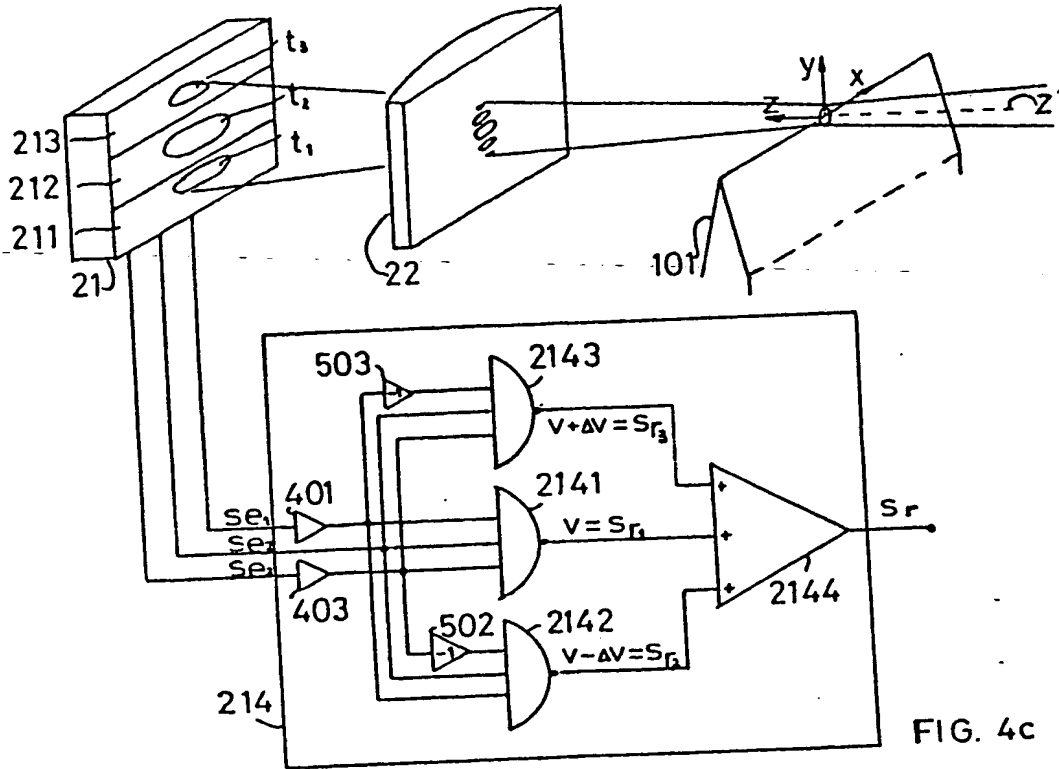
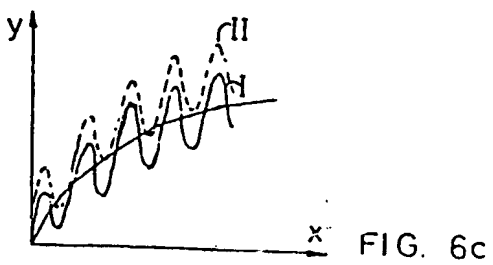
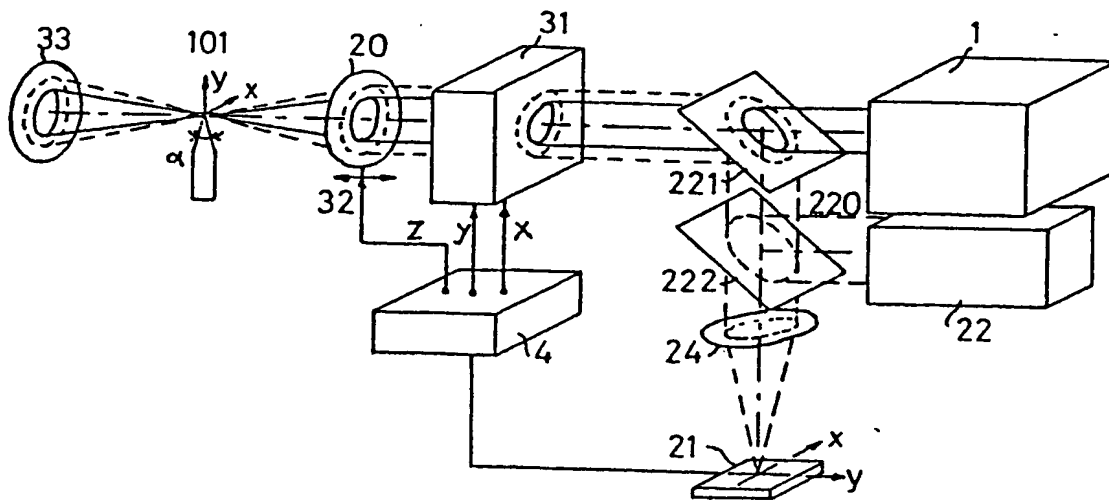
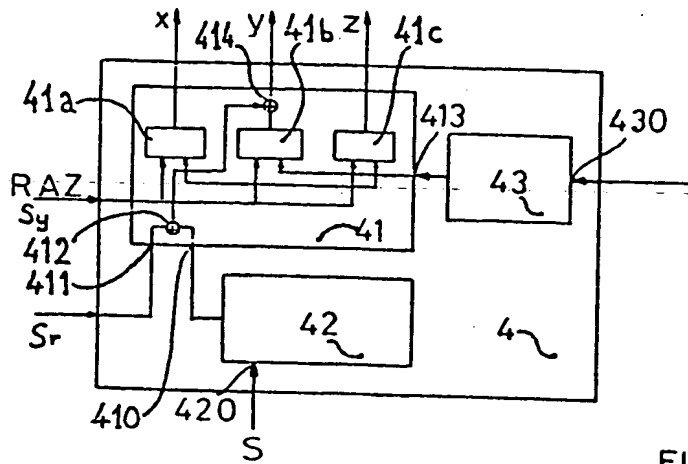


FIG. 4d



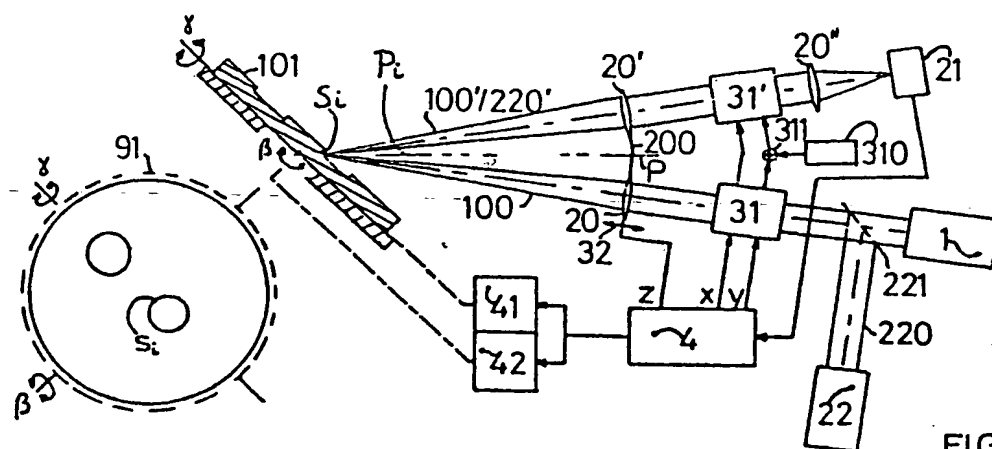


FIG. 6b

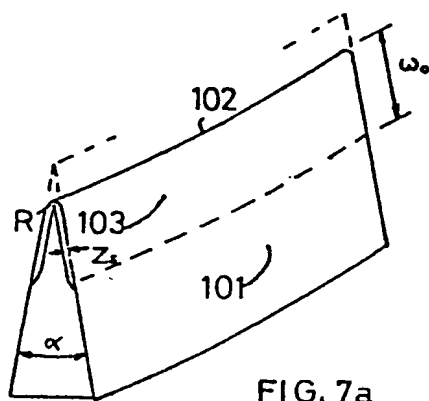


FIG. 7a

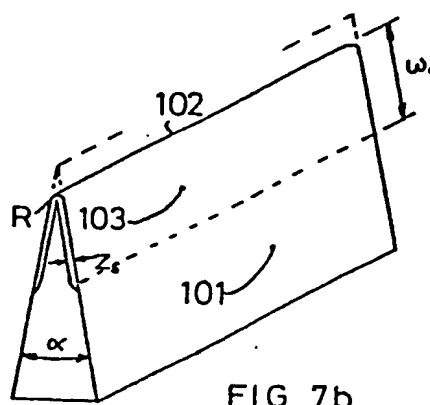


FIG. 7b

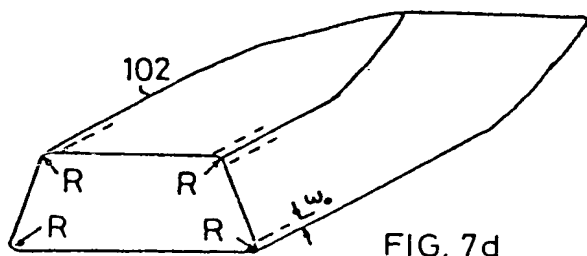


FIG. 7d

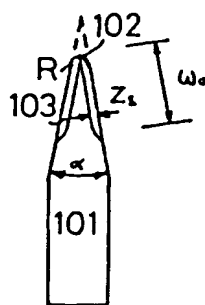


FIG. 7c



Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0038297

Numéro de la demande

EP 81 81 0123

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. <sup>3</sup> )
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
	<p>FR - A - 2 333 592 (MANUFACTURE BELGE D'AIGUILLES)</p> <p>* Pages 7-10 et figures 1-3 *</p> <p>&amp; DE - A - 2 654 486</p> <p>GB - A - 1 571 795</p> <p>NL - A - 76-13403</p> <p>--</p> <p>US - A - 4 081 655 (P.L. GALE)</p> <p>* Colonnes 3,4 et figures 1-5 *</p> <p>---</p>	<p>1,14, 18,21</p> <p>1,14, 18,21, 22</p>	<p>B 23 K 26/02 26/08</p> <p>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.<sup>3</sup>)</p> <p>B 23 K 26/02 26/08 26/00 26/04 26/06 26/10 26/12 26/14</p> <p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X: particulièrement pertinent A: arrière-plan technologique O: divulgation non-écrite P: document intercalaire T: théorie ou principe à la base de l'invention E: demande faisant interférence D: document cité dans la demande L: document cité pour d'autres raisons</p> <p>&amp;: membre de la même famille, document correspondant</p>
<p>Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications</p>			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 21-07-1981	Examineur MALIC